

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

BEST AVAILABLE COPY



04 JUN 2004

PCT/EP04/5337

REC'D 15 JUL 2004

WIPO

PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 22 868.3

Anmeldetag:

21. Mai 2003

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Anmelder/Inhaber:

Lang Apparatebau GmbH, 83313 Siegsdorf/DE

Bezeichnung:

Verfahren zur Regelung einer von einem  
elektromotorisch angetriebenen Exzenter  
betätigten Membran- oder Kolbenpumpe

IPC:

F 04 B 49/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. März 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

PATENT- UND RECHTSANWÄLTE MEINKE, DABRINGHAUS UND PARTNER GbR

ZUGELASSEN BEIM EUROPÄISCHEN PATENTAMT UND GEMEINSCHAFTSMARKENAMT

EUROPEAN PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS

PATENTANWÄLTE

JULIUS MEINKE, DIPL.-ING.  
WALTER DABRINGHAUS, DIPL.-ING.  
JOCHEN MEINKE, DIPL.-ING.

RECHTSANWALT

THOMAS MEINKE

ROSA-LUXEMBURG-STRASSE 18  
44141 DORTMUND

TELEFON (0231) 58 41 90  
TELEFAX (0231) 14 76 70  
Info@patent-recht.de

POSTFACH 10 46 45

44046 DORTMUND, 20. Mai 2003

DRESDNER BANK AG DTMD, Kto.-Nr. 1 148 047 (BLZ 440 800 50)  
POSTBANK DORTMUND, Kto.-Nr. 542 02-463 (BLZ 440 100,46)

AKTEN-NR. 6/17524 MD/R/B

Anmelderin: Lang Apparatebau GmbH, Raiffeisenstraße 7,  
83313 Siegsdorf

"Verfahren zur Regelung einer von einem elektromotorisch an-  
getriebenen Exzenter betätigten Membran- oder Kolbenpumpe"

"Verfahren zur Regelung einer von einem elektromotorisch angetriebenen Exzenter betätigten Membran- oder Kolbenpumpe"

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer von einem elektromotorisch angetriebenen Exzenter über einen Stößel oder ein Pleuel betätigten Membran- oder Kolbenpumpe.

Membran- oder Kolbenpumpen finden zum Dosieren von Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Eigenschaften Verwendung. Dabei sind je nach Anwendungsbereich unterschiedliche Anforderungen an das Pumpenverhalten zu stellen, um eine möglichst genau bestimmte Menge des Dosiermediums zeitlich weitestgehend konstant abzugeben.

Die Pumpen werden über einen Exzenter von einem Elektromotor angetrieben, so dass dessen Rotationsbewegungen in lineare Bewegungen der Pumpenmembran bzw. des Pumpenkolbens umgesetzt werden. Bei einer Umdrehung des Exzenters findet ein Drucktakt mit Abgabe des Dosiermediums z.B. in eine Dosierleitung statt, sowie ein Saugtakt, bei dem das Dosiermedium aus einem Vorratsbehälter oder dgl. angesaugt wird.

Im Stand der Technik zum Antrieb verwandte Elektromotoren schließen eine Reihe von Typen ein, insbesondere mechanisch kommutierte Motoren, Synchron- und Asynchronmotoren sowie Schrittmotoren.

Dabei weisen die meisten dieser Antriebe für den jeweiligen Anwendungszweck ungünstige Nachteile auf. Mechanisch kommutierte Motoren unterliegen einem hohen mechanischen Verschleiß und sind deshalb für Pumpen mit sehr langen Lebensdauern ungeeignet.

Synchronmotoren weisen einen ungünstigen Drehmomentverlauf auf, der bei zu starker Belastung zum Abriss des Kraftschlusses führt. Auch das Anlaufverhalten ist für den vorliegenden Zweck ungünstig. Asynchronmotoren haben eine belastungsabhängige Drehzahlkurve, was für eine mengengenaue Dosierung negativ ist. Die Drehzahl von Synchron- bzw. Asynchronmotoren ist von der Frequenz der anliegenden Spannung abhängig, so dass zur Regelung der Drehzahl elektronische Frequenzumrichter notwendig sind.

Besondere Schwierigkeiten ergeben sich, wenn die Pumpe mit weniger als ihrer maximalen Dosierleistung betrieben werden soll, was zur genauen Dosierung bei vielen Anwendungen unerlässlich ist. Im Stand der Technik werden hierzu verschiedene Verfahren eingesetzt. So ist es möglich, durch Begrenzung der Auslenkung der Pumpenmembran bzw. des Kolbens eine Reduzierung der geförderten Menge des Dosiermediums zu erreichen. Dabei läuft der Exzenter für einen Teil seiner Umdrehung frei und bewegt nur während eines mehr oder weniger großen Bereiches, um den vorderen Totpunkt die Membran bzw. den Kolben. Dieses Verfahren weist insbesondere den Nachteil auf, dass der Kolben

bzw. die Membran je nach Förderleistung kurzzeitig sehr stark beschleunigt wird, was zu großen Druckstößen in den Dosierleitungen führt und das Dosierverhalten negativ beeinflusst. Analog dazu wird das Ansaugverhalten während des Saugtaktes verschlechtert, was bei etwaigen Lufteinschlüssen in der Ansaugleitung und bei kleinen Pumpenköpfen das Ansaugverhalten der Pumpe verschlechtert.

Eine weitere Variante zur Reduzierung des Fördervolumens ist die Puls-Pausen-Steuerung. Hier wird ein Dosierzyklus komplett durchlaufen und im Anschluss abhängig von der gewünschten Fördermenge eine Dosierpause eingelegt, die so bemessen ist, dass sich im zeitlichen Mittel die gewünschte Fördermenge einstellt. Nachteilig hierbei sind die bei geringen Fördermengen auftretenden, sehr langen Pausen, die zu einer unakzeptablen Vermischung des Dosiermediums in der Rohrleitung bzw. im Tank führen können und außerdem ein sehr ungleichmäßiges Förderverhalten mit sich bringt.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Dosiermenge bietet die Drehzahlsteuerung des Antriebsmotors. Hier läßt sich die Fördermenge durch die Beeinflussung der Kolben- bzw. Membrangeschwindigkeiten anpassen. Eine entsprechende Verlangsamung des Antriebes und damit der Membran führt zu einer Reduzierung der geförderten Menge am Dosiermedium pro Zeit. Problematisch hierbei ist unter Umständen die gleichzeitige Verlängerung des Saugtaktes bei einer gewünschten Verlängerung

des Drucktaktes, da sich hierdurch das Ansaug- und Förderverhalten, besonders bei hochviskosen Medien, verschlechtert.

Die DE 198 23 156 A1 der Anmelderin beschreibt zur Vermeidung dieses Problems ein Verfahren zum Betrieb einer Dosierpumpe mit einem Asynchronmotor. Dabei wird die Drehzahl des Asynchronmotors während des Drucktaktes entsprechend der gewünschten Dosierleistung reduziert. Während des Saugtaktes hingegen wird die Drehzahl erhöht, um einen möglichst kurzen Saugtakt zu erreichen und dadurch auch die Pausen zwischen den Drucktakten zu verkürzen. Nachteilig an diesem Verfahren ist die durch die Verwendung eines asynchronen Motors notwendige aufwendige Systemgestaltung, die zur Drehzahlregelung des Asynchronmotors einen Frequenzumrichter erfordert sowie externe Sensorik, um die Drehzahl des Motors zu überwachen und zu regeln, um die durch die lastabhängige Drehzahlkurve bedingte Abweichung zu kompensieren.

Aufgabe der Erfindung ist es demzufolge, ein Verfahren zur Regelung einer von einem elektromotorisch angetriebenen Exzenter über einen Stößel oder Pleuel betätigten Membran- oder Kolbenpumpe zu schaffen, das eine möglichst genaue und konstante Abgabe von Dosiermedien ermöglicht, bei gleichzeitig einfachem Systemaufbau.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs bezeichneten Art dadurch gelöst, dass zur Förderung eines etwa konstan-

ten Volumenstromes des Dosiermediums die Membran oder der Kolben der Pumpe während des Drucktaktes mit etwa konstanter Geschwindigkeit durch den Antrieb des Exzenters unter Berücksichtigung der Exzenterlage bewegt wird.

Die von einem mit konstanter Geschwindigkeit rotierenden, kreisförmigen Exzenter angetriebene Membran bzw. Kolbenanordnung weist ein sinusförmiges Geschwindigkeitsprofil auf. Vom hinteren Totpunkt aus wird die Membran beschleunigt, erreicht bei einer Viertelumdrehung die höchste Geschwindigkeit des Drucktaktes und wird bis zum vorderen Totpunkt des Exzenters wieder langsamer, von wo aus sie dann in den Saugtakt übergeht, der ebenfalls aus einer schneller werdenden Membran bis zu ihrem Maximum bei halbem Saugtakt und dem anschließenden Abbremsen bis in den hinteren Totpunkt des Exzenters besteht.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird nun während des Drucktaktes die Geschwindigkeit des Exzenters so geregelt, dass anstatt des nichtlinearen sinusförmigen Geschwindigkeitsprofils ein möglichst gleichförmiges, konstantes Geschwindigkeitsprofil entsteht. Dazu muss der Exzenter am Anfang des Drucktaktes stark beschleunigt werden und bis zur Mitte des Drucktaktes auf einen Minimalwert abgebremst werden, von wo aus der Exzenter wieder beschleunigt wird, um in der Nähe des vorderen Totpunktes wieder eine maximale Geschwindigkeit aufzuweisen. Durch eine derartige Regelung der Exzentergeschwindigkeit resultiert eine lineare Membran bzw. Kolbengeschwin-

digkeit von im wesentlichen konstanter Höhe.

Durch diese annähernd konstante Membrangeschwindigkeit während des Drucktaktes wird das Dosiermedium gleichmäßig abgegeben, was auch bei hochviskosen Medien zu einem sehr vorteilhaften und genauen Dosierverhalten führt. Auch bei sehr geringen Dosierleistungen läßt sich so ein gutes Förderergebnis erreichen.

Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen. So ist eine Ausgestaltung des Verfahrens dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb den Exzenter während des Drucktaktes mit einem Drehgeschwindigkeitsprofil antreibt, das die vom Exzenter eingeprägte zeitlich cosinusförmige Kolben- oder Membranbewegung kompensiert.

Außerdem kann vorgesehen sein, dass das Geschwindigkeitsprofil des Antriebes im Drucktakt während der Phase der konstanten Membrangeschwindigkeit etwa die Form

$$\omega(t) = \frac{2}{T_D} \times \left( 1 - \left( -\frac{2}{T_D} \times t + 1 \right)^2 \right)^{-1/2}$$

aufweist.

Die vorstehende physikalisch korrekte Formel für die Kompensation der cosinusförmigen Kolben- oder Membranbewegung ergibt



sich aus der Transformation der linearen Bewegung über die arccos-Funktion und der anschließenden Differenziation. Für Antriebe mit zusätzlicher Querbewegung (Pleuel) ergibt sich eine ähnliche Formel.

Für die praktische Cosinuskompensation kann obige Formel, je nach akzeptierter Nichtlinearität der Dosierung, durch eine vereinfachte oder ähnliche Formel angenähert werden.

Die dargestellte Exzenter-Winkelgeschwindigkeit führt, abgesehen von dem Beginn bzw. Ende eines Drucktaktes zu einer konstanten Membrangeschwindigkeit.  $T_D$  stellt dabei die Länge des Drucktaktes dar, wobei die maximale Membranauslenkung auf 1 normiert ist.

Möglich ist auch, dass der Antrieb den Exzenter während des Saugtaktes mit einem anderen Geschwindigkeitsprofil, insbesondere mit konstanter und/oder erhöhter Geschwindigkeit bewegt wird.

Es ist wünschenswert, die Saugtakte möglichst kurz zu halten. Dabei ist es je nach Dosiermedium nicht unbedingt erforderlich, eine möglichst konstante Druckverteilung während des Saugtaktes zu erreichen. Deshalb kann am Ende des Drucktaktes, wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Exzenters, wie bereits beschrieben, am größten ist, konstant mit dieser Geschwindigkeit weiter gefördert werden, was in einem kurzen Saugtakt mit

sinusförmiger Membrangeschwindigkeit resultiert. Mit dieser erhöhten Geschwindigkeit kann anschließend der nächste Drucktakt eingeleitet werden, was letztendlich zu einem guten Systemverhalten führt und die mechanischen Bauteile der Pumpe schont.

Besonders bei höherviskosen Dosiermedien kann aber eine möglichst konstante Druckverteilung auch während des Saugtaktes wünschenswert sein, so dass statt einer konstanten Rotation des Exzenters ein Rotationsgeschwindigkeitsprofil ähnlich zu dem des Drucktaktes gewählt wird, wobei unter Umständen eine höhere Membrangeschwindigkeit und damit verkürzte Saugtaktlänge eingestellt wird.

Vorteilhaft ist es, dass der geförderte Volumenstrom des Dosiermediums kurz vor Ende des Drucktaktes zur Kompensation der Dosierlücke während des Saugtaktes erhöht wird.

Weiterhin ist vorteilhaft vorgesehen, dass als Antrieb ein EC-Motor mit integrierten Rotorpositionssensoren verwendet wird.

EC-Motoren (elektronisch kommutierte Motoren) bieten eine Reihe von Vorteilen. Aufgrund der bürstenlosen elektronischen Kommutierung sind sie sehr langlebig und verschleißarm, was bei Dosierpumpen mit Lebensdauern von über 10.000 Stunden wichtig ist. Zudem weisen sie meist integrierte Sensoren für die Rotorposition auf, deren Signal auch zur Regelung der

Exzenterposition nach dem vorgeschlagenen Verfahren benutzt werden kann und so die Gesamtsystemkosten reduziert. Durch die hohe Dynamik der EC-Motoren lassen sich außerdem die schnellen Drehzahländerungen sehr gut erreichen, die für das vorgeschlagene Verfahren nötig sind.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass zur Regelung der Exzentergeschwindigkeit die Exzenterposition von einem Sensor erfasst und/oder aus im Antrieb befindlichen Positionssensorsignalen berechnet wird.

Neben einer Steuerung der Exzenterposition und damit der Membranauslenkung ist es beim vorgeschlagenen Verfahren unter Umständen sinnvoll, eine Positionsregelung zu realisieren, um das Dosierverhalten der Pumpe zu verbessern, insbesondere, da die nötige Rotationsgeschwindigkeit des Exzenters von seiner aktuellen Position abhängig ist. So läßt sich durch Messung und Berücksichtigung der Exzenterlage die gewünschte möglichst konstante Membrangeschwindigkeit genauer erreichen. Dabei ist es entweder möglich, die Exzenterposition direkt zu messen oder auf Positionssignale zurückzugreifen, die von den im Antrieb befindlichen Sensoren zur Verfügung gestellt werden oder die Linearbewegung des Stößels oder des Pleuels zu erfassen.

Die Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigt in

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betriebenen Membranpumpe,

Fig. 2 ein Diagramm, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreichten Membran- bzw. Kolbenauslenkung sowie dem Volumenstrom des Dosiermediums sowie in

Fig. 3 ein Diagramm des Exzenterdrehwinkels und seiner Drehwinkeländerung.

Mit einer mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betriebenen Membranpumpe 1 wird ein zu dosierendes Medium, das aus einem nicht näher dargestellten Vorratsbehälter, der über eine Schlauchverbindung mit einer Ansaugöffnung 2 der Membranpumpe 1 verbunden ist, über eine Abgabeöffnung 3 an einen hieran angeschlossenen, ebenfalls nicht näher dargestellten Dosierschlauch abgegeben. Der Pumpvorgang wird durch eine Membran 4 bewirkt, die von einem Stößel 5 linear verschoben wird.

Der Stößel 5 wird von einem kreisförmigen Exzenter 6 bewegt, so dass die Rotationsbewegung einer Antriebsachse 7, die mit dem Exzenter 6 kraftschlüssig verbunden ist, vom Stößel 5 in eine Vor- und Zurückbewegung der Membran 4 umgesetzt wird.

Die Achse 7 wird über ein Getriebe 8 von einem elektronisch kommutierenden Motor 9 angetrieben. Eine Motorsteuerung 10 ist mittels Motoranschlüssen 10a mit dem Motor 9 verbunden und be-

inhaltet die zum Betrieb notwendige Leistungselektronik sowie eine Lageregelungsschaltung. Am Motor 9 befinden sich Rotorlagensensoren 11, die über Steuerleitungen 11a die aktuelle Lage des Rotors an die Motorsteuerung 10 übermitteln, die davon abhängig den Stromfluss zum Motor 9 steuert. Dabei wird durch die Motorsteuerung 10 abhängig von der durch die Sensoren 11 rückgemeldeten Rotorlage die entsprechenden Phasen des Motors 9 so unter Strom gesetzt, dass sich ein Drehfeld im Inneren des Motors ergibt, das den Rotor kontinuierlich in Drehung versetzt. Durch dieses elektronisch erzeugte Drehfeld kann auf eine mechanisch bewirkte Kommutierung der Phasen des Motors verzichtet werden. Durch diese Regelung wird der Motor 9 ohne Lastabhängigkeiten oder Drehmomentschwingungen mit der gewünschten Drehzahl betrieben.

Die Motorsteuerung 10 wird von einem Netzteil 12 über Energieleitungen 12a mit Energie versorgt. Das Netzteil 12 mittels Versorgungsleitungen 13a wird an einem der üblichen öffentlichen Stromnetze 13 betrieben.

Die Lage des Exzenters 6 wird von einem Lagesensor 14 erfasst, dessen Lagesignal über Signalleitungen 14a an eine Lagesteuerung 15 übermittelt wird.

Die Lagesteuerung 15 wird ebenfalls über Energieleitungen 12b vom Netzteil 12 mit Energie versorgt. Der Lagesteuerung 15 werden über eine Datenleitung 16 Steuersignale, mit der ange-

forderten Menge des Dosiermediums zugeleitet. Abhängig von der vom Sensor 14 gemessenen Lage des Exzenters 6 und der über die Leitungen 16 übermittelten zu dosierenden Menge des Dosiermediums berechnet die Lagesteuerung 15 die aktuelle nötige Drehzahl für den Motor 9 und übermittelt sie über die Steuerleitung 15a an die Motorsteuerung 10. Diese stellt abhängig von den durch die Rotorlagesensoren 11 gemessenen Lage des Rotors im Motor 9 über die Motoranschlüsse 10a das Drehfeld so ein, dass die angeforderte Drehzahl vom Motor 9 erreicht wird. Über das Getriebe 8 und die Achse 7 wird so der Exzenter 6 entsprechend der eingestellten Menge des Dosiermediums bewegt. So entsteht ein geschlossener Regelkreislauf, mit dem sich die vom Exzenter 6 über den Stößel 5 bewirkte Auslenkung und Geschwindigkeit der Membran 4 genau regeln läßt.

Das von der Lagesteuerung 15 in Verbindung mit der Motorsteuerung 10 über Antrieb, Getriebe und Exzenter bewirkte Profil der Membranauslenkung und des dadurch resultierenden Volumenstromes des Dosiermediums ist in Fig. 2 näher dargestellt.

Die Kurve 17 stellt dabei den Verlauf der Membranauslenkung im Laufe eines Dosierzyklus dar. Die Dauer eines kompletten Dosierzyklus ist dabei auf die Länge 2 normiert. Die Membranauslenkung kann dabei vom hinteren Totpunkt des Exzenters 6 bei -1 über die Neutralstellung bei einer halben bzw. Dreiviertelumdrehung des Exzenters 6 bis in den vorderen Totpunkt bei +1 variieren.

Die Membranauslenkung eines erfindungsgemäß geregelten Dosierzuklus beginnt im hinteren Totpunkt 18. Der Exzenter 6 startet mit einer maximalen Rotationsgeschwindigkeit, womit die Membran den Beginn einer cosinusförmigen Bewegung ausführt, die in der angedeuteten Kurve 19 dargestellt ist. Diese entspricht dem Verlauf der Membranauslenkung, wenn der Exzenter 6 konstant mit der Maximalgeschwindigkeit rotieren würde. Unmittelbar nach dieser kurzen Anlaufphase wird die Exzenter-Rotationsgeschwindigkeit aber reduziert, und zwar genauso, dass die Membranauslenkung 17 etwa einen linearen Verlauf hat, die Membran wird also mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Der Exzenter 6 erreicht seine minimale Rotationsgeschwindigkeit nach einem halben Drucktakt bei einer Zeit von 0,75. Im weiteren Verlauf wird er wieder beschleunigt bis hin zum vorderen Totpunkt 20, bei dem der Exzenter 6 wiederum mit einer maximalen Geschwindigkeit rotiert, womit sich der Verlauf der Membranauslenkung der Kurve 21 annähert, die entstünde, wenn der Exzenter 6 konstant mit maximaler Rotationsgeschwindigkeit betrieben wird. Nach Überschreiten des vorderen Totpunktes 20 beginnt der Saugtakt, bei dem die Membran 4 zurückgezogen wird und neues Dosiermedium aus der Ansaugleitung 2 in die Pumpenkammer einsaugt. Um den Saugtakt möglichst kurz zu halten, wird dieser mit maximaler Exzenter-Rotationsgeschwindigkeit durchgeführt, so dass der Verlauf der Membranauslenkung mit der zweiten Hälfte der Cosinus-Schwingung 21 bis zum Erreichen des hinteren Totpunktes 18 bei der maximalen negativen Membranauslenkung bei -1 übereinstimmt. In diesem Totpunkt wird

die Membran entweder gestoppt oder es wird ein weiterer Dosierzyklus mit einem Drucktakt analog zu dem vorherigen eingeleitet.

Der Verlauf des Volumenstromes des Dosiermediums ist in der Kurve 22 dargestellt. Bei Beginn des Drucktaktes steigt der Volumenstrom in der Einschwingphase 23 schnell bis auf seinen Soll-Wert an. Im Intervall mit konstanter Membrangeschwindigkeit wird ein konstanter Volumenstrom vom Anschluss 3 in die Dosierleitung 2 abgegeben. Am Ende des Drucktaktes 24 fällt der Volumenstrom am Anschluss 3 relativ schnell auf Null ab und es beginnt der Saugtakt. Der Volumenstrom des angesaugten Mediums am Anschluss 2 weist hier durch den cosinusförmigen Verlauf der Membranauslenkung einen sinusförmigen Verlauf auf.

Die Länge des Drucktaktes im Verhältnis zum Saugtakt ist für das Dosierverhalten der Pumpe wichtig. Generell ist es wünschenswert, den Saugtakt möglichst kurz zu halten und die Länge des Drucktaktes zu maximieren. Die Größe des Volumenstromes und damit die geförderte Menge an Dosiermedium pro Zeit ist von der Rotationsgeschwindigkeit des Exzenters 6 abhängig.

Den Verlauf einer Exzenter-Rotation während eines erfindungsgemäß geregelten Drucktaktes ist in Fig. 3 näher dargestellt. In dem Diagramm ist die Länge eines Drucktaktes auf 1 normiert, wobei der Verlauf der Rotationsgeschwindigkeit als



Drehzahl in der Kurve 25 und der Verlauf des Exzenterwinkels in der Kurve 26 aufgetragen ist.

Bei Beginn des Drucktaktes startet der Exzenter mit maximaler Drehzahl und wird dann abgebremst, bis er bei der Hälfte des Drucktaktes seine minimale Drehgeschwindigkeit erreicht, um dann in der zweiten Hälfte des Drucktaktes wieder schneller zu werden, bis er zum Ende des Drucktaktes wieder die maximale Rotationsgeschwindigkeit aufweist. Dieses ist auch im Verlauf des Drehwinkels in der Kurve 26 erkennbar.

Natürlich ist die Erfindung nicht auf das vorstehende Beispiel beschränkt, sondern kann in vielfältiger Hinsicht abgewandelt werden, ohne den Grundgedanken zu verlassen. So läßt sich beispielsweise eine Regelung ähnlich des Drucktaktes auch für den Saugtakt verwenden, so dass hier ebenfalls eine konstante Fördermenge des Dosiermediums erreicht wird, was insbesondere bei hochviskosen Dosiermedien sinnvoll sein kann. Eine weitere Abwandlung besteht darin, dass kurz vor Ende des Drucktaktes die Exzentergeschwindigkeit und damit die geförderte Dosiermenge pro Zeit kurzzeitig erhöht wird, um die Dosierlücke während des Saugtaktes mit der zuvor erhöhten Dosiermenge zu kompensieren. Weiterhin kann es sinnvoll sein, auf den Sensor zur Messung der Exzenterlage zu verzichten und die Lage des Exzenter aus der gemessenen Rotorlage zu berechnen. Lediglich die Nulllage des Exzenter ist dann zu erfassen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Regelung einer von einem elektromotorisch angetriebenen Exzenter über einen Stößel oder ein Pleuel betätigten Membran- oder Kolbenpumpe,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Förderung eines etwa konstanten Volumenstromes des Dosiermediums die Membran oder der Kolben der Pumpe während des Drucktaktes mit etwa konstanter Geschwindigkeit durch den Antrieb des Exzenter unter Berücksichtigung der Exzenterlage bewegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Antrieb den Exzenter während des Drucktaktes mit einem Drehgeschwindigkeitsprofil antreibt, das die vom Exzenter eingeprägte zeitlich cosinusförmige Kolben- oder Membranbewegung kompensiert
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Geschwindigkeitsprofil des Antriebs im Drehtakt während der Phase der konstanten Membrangeschwindigkeit etwa die Form

$$\omega(t) = \frac{2}{T_D} \times \left( 1 - \left( -\frac{2}{T_D} \times t + 1 \right)^2 \right)^{-1/2}$$

aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Antrieb den Exzenter während des Saugtaktes mit einem  
anderen Geschwindigkeitsprofil, insbesondere mit konstanter  
und/oder erhöhter Geschwindigkeit bewegt.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der geförderte Volumenstrom des Dosiermediums kurz vor  
Ende des Drucktaktes zur Kompensation der Dosierlücke während  
des Saugtaktes erhöht wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Antrieb ein EC-Motor, vorzugsweise mit integrierten  
Rotorpositionssensoren, verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Regelung der Exzentergeschwindigkeit die Exzenterpo-  
sition von einem Sensor erfasst und/oder aus im Antrieb be-  
findlichen Positionssignalen berechnet wird.

Zusammenfassung:

Mit einem Verfahren zur Regelung einer von einem elektromotorisch angetriebenen Exzenter über einen Stößel oder Pleuel betätigten Membran- oder Kolbenpumpe soll eine Lösung geschaffen werden, mit dem eine möglichst konstante Abgabe von Dosiermedien ermöglicht wird bei gleichzeitig einfachem Systemaufbau.

Dies wird dadurch erreicht, dass zur Förderung eines etwa konstanten Volumenstromes des Dosiermediums die Membran oder der Kolben der Pumpe während des Drucktaktes mit etwa konstanter Geschwindigkeit durch den Antrieb des Exzenter unter Berücksichtigung der Exzenterlage bewegt wird.

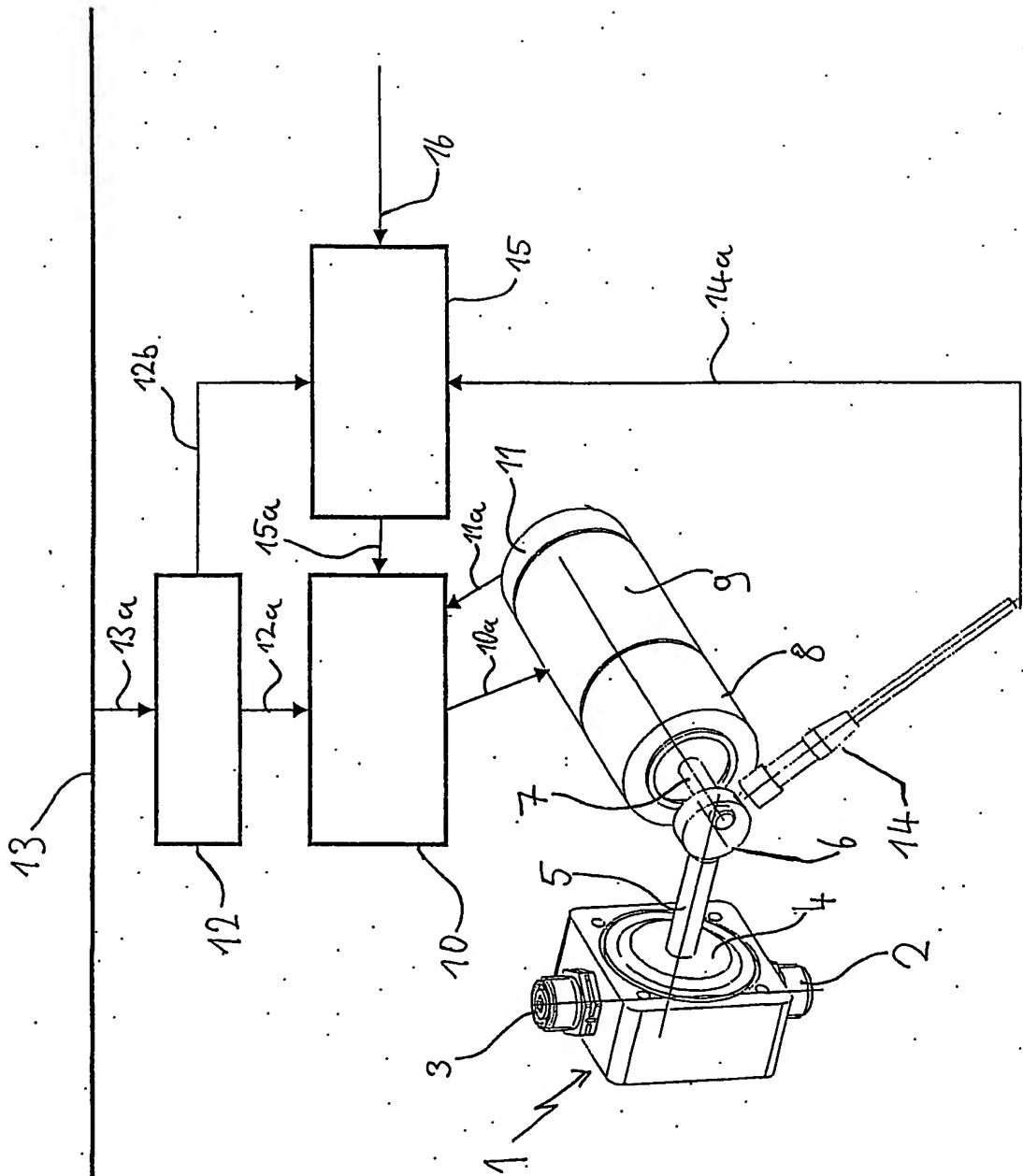


Fig. 1

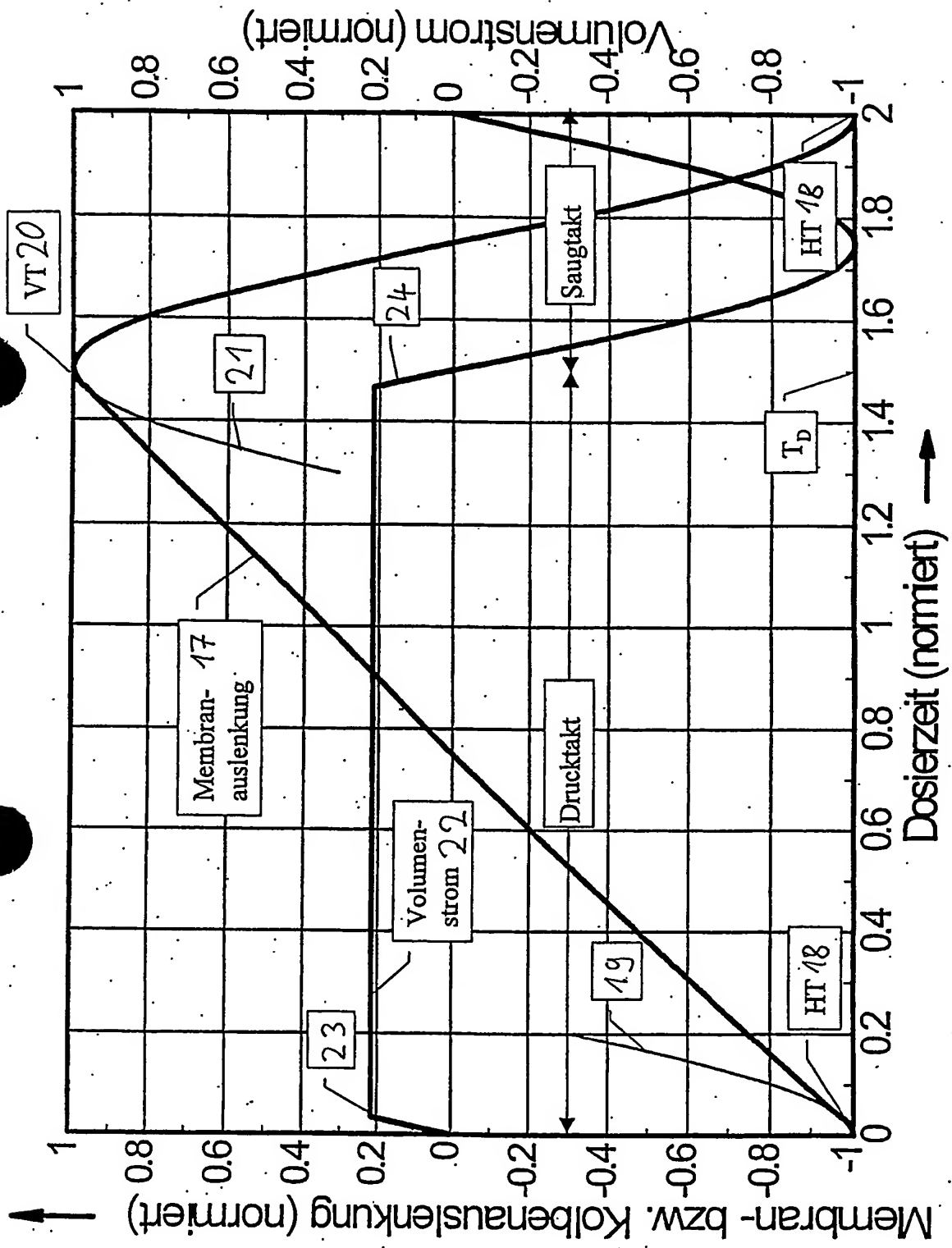


Fig. 2

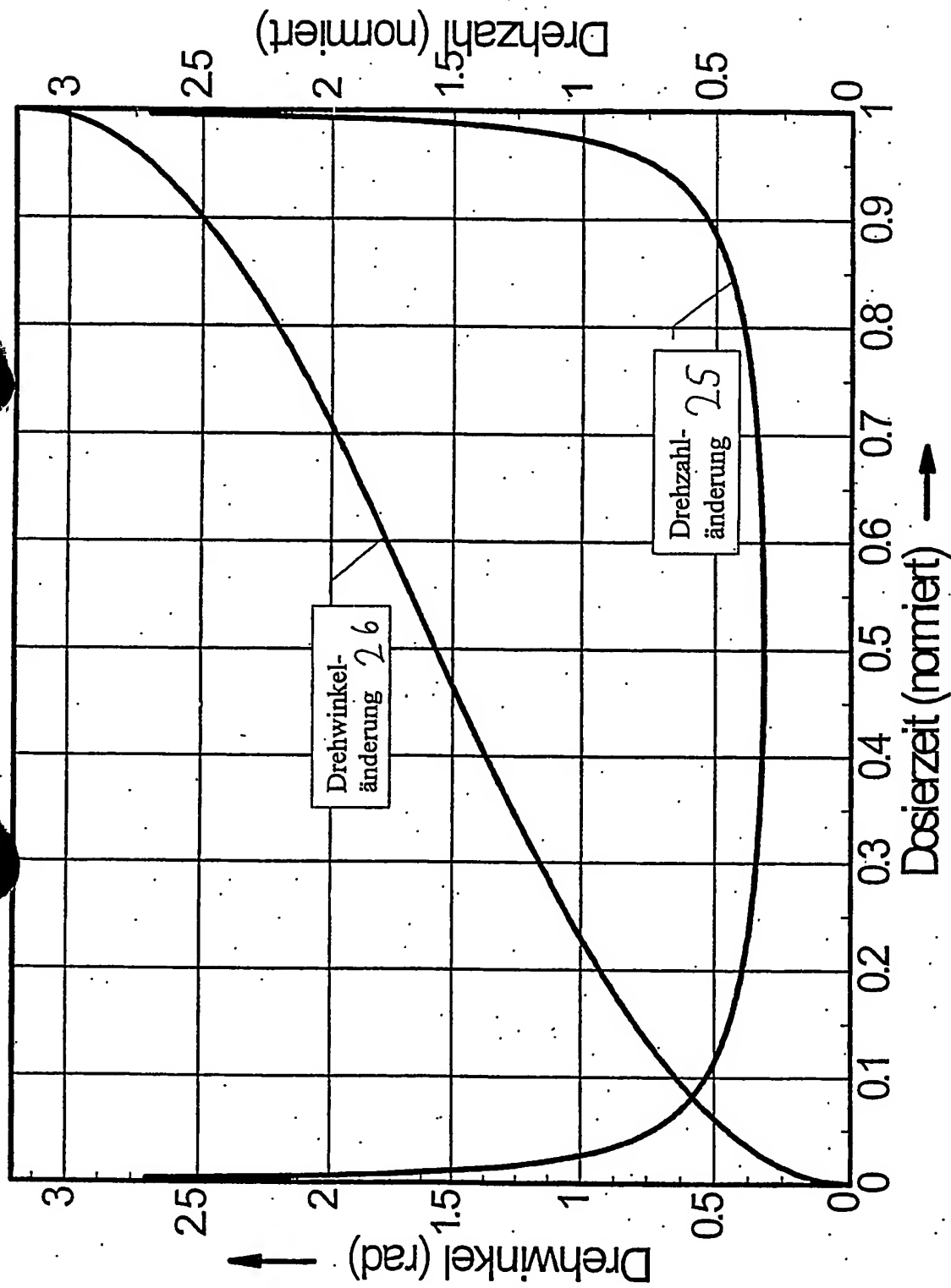


Fig. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**